

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

NIKOLINA POVIJAČ

**SANACIJA ODLAGALIŠTA KOMUNALNOG OTPADA
MEKA U GRADU LUDBREGU**

ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 2019.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

NIKOLINA POVIJAČ

**REMEDIATION OF MUNICIPAL WASTE LANDFILL
MEKA IN THE CITY OF LUDBREG**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
dr. sc. Silvija Zeman, pred.

Čakovec, 2019.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentorici dr. sc. Silviji Zeman, pred., na pomoći i stručnim savjetima vezanim za završni rad.

Posebnu zahvalnost dugujem prijateljima i kolegama koji su uljepšali i unijeli smijeh u moje studentske dane.

Najviše zahvaljujem svojoj obitelji i dečku, koji su mi bili velika podrška i poticaj.

SAŽETAK

Jedan od ključnih problema razvoja društva, moderne civilizacije i posljedica čovjekova načina života je otpad. Modernizacijom društva, širenjem i povećanjem kupovne moći stanovništva nastaju sve veće količine otpada čime čovjek narušava prirodnu ravnotežu. Rješavanje problema otpada prepoznato je kao jedan od najvećih prioriteta smanjenja onečišćenja okoliša. U budućnosti se predviđaju pojačane migracije otpada od razvijenih prema nerazvijenim zemljama svijeta slabije političke i ekonomske moći zbog nižih troškova odlaganja, što ukazuje na to da je problematika zbrinjavanja otpada prerasla lokalne okvire te postala jedan od najznačajnijih ekonomskih i okolišnih globalnih problema današnjice.

Sanacija odlagališta otpada zajedno s njihovim zatvaranjem jedna je od temeljnih obveza Republike Hrvatske na području zaštite okoliša. Odlagališta otpada velika su prijetnja okolišu u pogledu onečišćenja podzemnih voda, tla, zraka te je njihova sanacija od velike važnosti radi očuvanja okoliša i zdravlja ljudi. Cilj ovog završnog rada je ukazati na važnost sanacije odlagališta kao jedan od ciljeva održivog razvoja. Detaljno će se opisati način sanacije odlagališta komunalnog otpada Meka u gradu Ludbregu. Geotehničko-hidrotehničkim zahvatima koji će biti opisani u radu izvršen je iskop, privremeno odlaganje i ugradnja otpada u tijelo odlagališta, izgradnja ploha s temeljnim brtvenim sustavom i sanacijom okolnog prostora te prekrivni brtveni sustav presloženog, inkapsuliranog otpada sa sustavom za otplinjavanje. Izgrađena je zaštitna ograda i obodni kanal za odvodnju oborinskih voda. Cijelim zahvatom postignuto je krajobrazno uređenje koje uključuje rekultivacijski sloj tijela odlagališta kao i okolno područje samog odlagališta. Važno je praćenje stanje odlagališta nakon njegova zatvaranja. Rezultati uzorkovanja određenih parametara bit će izneseni u radu. Sanacijom odlagališta s konačnim zatvaranjem postignuta je prirodna ravnoteža te je spriječeno daljnje širenje negativnih utjecaja na sastavne dijelove okoliša i zdravlje ljudi.

Ključne riječi: sanacija odlagališta, otpad, okoliš, brtveni sustav, uzorkovanja.

SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD.....	7
2. GOSPODARENJE OTPADOM	9
2.1. Načela gospodarenja otpadom	10
2.2. Podjela otpada.....	11
3. ODLAGALIŠTE OTPADA MEKA	14
3.1. Opis zahvata.....	16
3.1.1. Tehnološka cjelina 1.....	19
3.1.2. Tehnološka cjelina 2.....	20
3.1.3. Privremene plohe za odlaganje otpada.....	20
3.2. Temeljni brtveni sustav	21
3.3. Prekrivanje otpada	23
3.4. Sustav za otplinjavanje	25
3.5. Sustav prikupljanja i odvodnje oborinskih voda.....	26
3.6. Zaštitna ograda i pristupna prometna površina	26
3.7. Piezometri	27
3.8. Krajobrazno uređenje.....	28
3.8.1. Opis urbane opreme i namjena prostora.....	29
4. REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE.....	31
4.1. Uzorkovanje vode	31
4.1.1. Podzemna voda	31
4.1.2. Procjedna voda	35
4.1.3. Oborinska voda	38

4.2. Uzorkovanje plinova.....	39
4.3. Slijeganje odlagališta	42
5. ZAKLJUČAK.....	43
6. LITERATURA	44
POPIS SLIKA	45
POPIS TABLICA	46

1. UVOD

Otpad je jedan od najvećih okolišnih problema današnjice s kojim se suvremeno društvo susreće. Neadekvatno odbačeni otpad mijenja kakvoću podzemnih i nadzemnih voda, a staklenički plinovi koji iz njega nastaju utječu na promjene klime i mijenjaju kakvoću zraka te se povećava rizik od požara i eksplozija, stoga je nužna sanacija takvih područja kako bi se negativni utjecaji na okoliš sveli na minimum.

Kako kroz povijest tako i dandanas, pogrešno se kao sinonimi koriste pojmovi *otpad* i *smeće*. Smeće je općeniti pojam za sve ono što je odbačeno i nepotrebno, ali nerazvrstano, odnosno promiješano, te nema nikakvu vrijednost, dok je otpad razvrstan i iskoristiv te se za njega često veže termin „sekundarna sirovina“ [1]. Otpad se definira kao svaka tvar ili predmet koju posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti [2]. Za razliku od smeća koje ima vrlo malu uporabnu vrijednost, otpadom se smatraju svi materijalni ostaci sirovina i proizvoda koji se dalje mogu iskoristiti. U svrhu sprječavanja nastanka otpada primjenjuje se sljedeći red prvenstva, odnosno hijerarhija gospodarenja otpadom kao dugoročna strategija Europske unije – sprječavanje nastanka otpada koje podrazumijeva prevenciju i smanjivanje količina otpada, zatim odvojeno sakupljanje i ponovno korištenje proizvoda, recikliranje, uporaba koja uključuje energiju dobivenu spaljivanjem i na kraju najmanje poželjan, a ipak i dalje vrlo zastupljen stupanj u hijerarhiji je zbrinjavanje, odnosno odlaganje otpada na odlagalištima [1].

Odlagalište otpada je građevina namijenjena odlaganju otpada na površinu ili pod zemlju (podzemno odlagalište), uključujući:

- inertno odlagalište otpada na kojem proizvođač odlaže svoj otpad na samom mjestu proizvodnje
- stalno odlagalište otpada, ili njegov dio, koje se može koristiti za privremeno skladištenje otpada, na primjer za razdoblje dulje od jedne godine
- iskorištene površinske kopove ili njihove dijelove nastale rudarskom eksploatacijom ili istraživanjem pogodne za odlaganje otpada [2].

Prema podacima HAOP-a (*Hrvatska agencija za okoliš i prirodu*), tijekom 2015. godine bila su aktivna 148 odlagališta otpada. Do kraja 2015. godine zatvorena su

ukupno 174 odlagališta, a s 83 lokacije na kojoj su se nekoć nalazila odlagališta otpad je izmješten. Od 2008. do kraja 2015. godine povećao se broj saniranih odlagališta otpada sa 63 na 171, a u pripremi ili u tijeku je bila sanacija na još 134 lokacije između kojih je bila i sanacija odlagališta komunalnog otpada Meka u gradu Ludbregu [3]. Odlagalište komunalnog otpada Meka bilo je neuređeno odlagalište na koje se odlagao otpad sakupljen na području grada Ludbrega od 1994. do 2015. godine kada je odlagalište zatvoreno. Sanacijom odlagališta izvršen je iskop i premještanje odloženog otpada na pripremljenu podlogu te njegovo preoblikovanje u tijelo odlagališta koje se prekrilo brtvenim slojem. U sklopu sanacije izveden je sustav za pasivno otplinjavanje i sustav za prikupljanje i odvodnju oborinskih voda.

2. GOSPODARENJE OTPADOM

Ponašanje i osjetljivost stanovništva na problem otpada od iznimne je važnosti stoga je gospodarenje otpadom ključna preokupacija unutar strategije zaštite okoliša i djelovanja za okoliš, kako u razvijenim tako i u državama u razvoju. Gospodarenje otpadom je skup svih aktivnosti, odluka i mjera za sprječavanje nastanka otpada, smanjivanje njegove količine i štetnog djelovanja na okoliš koje uključuje sakupljanje, prijevoz, obradu, uporabu i zbrinjavanje otpada te nadzor nad takvim aktivnostima i brigu o odlagalištima koja su zatvorena. Glavni ciljevi gospodarenja otpadom su zaštita ljudi i okoliša te očuvanje resursa što se postiže na način da se ne ošteti dobrobit sadašnjih kao i budućih generacija [1]. Za ostvarenje tih ciljeva, u sustavu gospodarenja otpadom promiču se, osim primarnog sakupljanja otpada, ponašanja vezana za njegovo smanjivanje, ponovnu uporabu i recikliranje.

Ponovna uporaba podrazumijeva svako djelovanje na temelju kojega se proizvodi ili komponente koje nisu otpad ponovno koriste u istu svrhu za koju su zamišljeni. Na primjer, jedna staklena boca može se puniti više od 30 puta i time zamijeniti 30 komada po okoliš štetne plastične ambalaže [1].

Recikliranje je pak postupak kojim se omogućava ponovna uporaba otpada u proizvodnom ciklusu. Otpad treba promatrati kao sirovinu, čime se istovremeno smanjuje potreba za novim prirodnim dobrima, kao i količina otpadne tvari koju treba negdje odložiti. Također, recikliranjem se smanjuje ukupna potrošnja i proizvodnja energije čime se smanjuje onečišćenje. Primjerice, za proizvodnju jedne tone papira potrebno je 240.000 litara vode, 4700 kWa energije i dva stabla, dok za proizvodnju jedne tone recikliranog papira treba 180 litara vode, 2750 kWa energije i nijedno stablo. Recikliranje je značajan postupak u gospodarenju otpadom, no treba paziti da se ne zanemare prva dva stupnja hijerarhije gospodarenja otpadom – prevencija stvaranja otpada i njegova ponovna uporaba [1]. Od 2007. do 2014. godine recikliranje komunalnog otpada u Hrvatskoj povećalo se s 3 % na 17 %, no unatoč porastu recikliranja Hrvatska značajno zaostaje za EU prosjekom koji iznosi 44 %. Europska komisija procjenjuje da su vrlo mali izgledi da Hrvatska ostvari cilj recikliranja od 50 % do 2020. godine [4].

Pravilno gospodarenje otpadom podrazumijeva primjenu koncepta 4R + 3E. Uz uobičajene postupke upravljanja i postupanja s otpadom (sakupljanje, odvoz i zbrinjavanje), uvode se prethodno osvješćivanje i obrazovanje, te nove metode postupanja s otpadom:

- *Reduce* (smanjiti količinu otpada na izvoru nastanka)
- *Reuse* (višekratno upotrijebiti predmet ili tvar u korisne svrhe bez prethodne obrade)
- *Recycle* (ponovno upotrijebiti otpad u proizvodnom procesu, odnosno preraditi otpad i iskoristiti ga za dobivanje novih proizvoda)
- *Recovery* (izabrati manje štetne tvari, odnosno iskoristiti otpad u energetske svrhe. Neki od postupaka oporabe otpada su korištenje otpada kao goriva, ponovna prerada otpadnih ulja i slično)
- *Educate* (osvijestiti i educirati o odgovornom postupanju s otpadom te povećati razumijevanje važnosti i mogućnosti pravilnog gospodarenja otpadom kao i mogućih šteta nastalih zbog nepravilnog odlaganja)
- *Economise* (smanjiti troškove gospodarenja otpadom i uključiti troškove otpada u cijenu proizvoda po načelu „onečišćivač plaća“)
- *Enforce* (primijeniti koncepte učinkovitog postupanja s otpadom u zakonodavstvu i praksi) [1].

2.1. Načela gospodarenja otpadom

Gospodarenje otpadom provodi se na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš, a osobito kako bi se izbjegao rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti, negativan utjecaj buke i mirisa, štetan utjecaj na kulturno-povijesne, estetske, prirodne i druge vrijednosti te nastajanje požara ili eksplozija [5].

U Republici Hrvatskoj gospodarenje otpadom temelji se na sljedećim načelima:

1. onečišćivač plaća – proizvođač otpada, prethodni posjednik otpada, odnosno posjednik otpada snosi troškove mjera gospodarenja otpadom te je financijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad

2. načelo blizine – obrada otpada mora se obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš
3. načelo samodostatnosti – gospodarenje otpadom će se obavljati na samodostatan način omogućujući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pritom u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada
4. načelo sljedivosti – porijeklo otpada se utvrđuje s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača tog otpada kao i posjed tog otpada uključujući i obradu [6].

2.2. Podjela otpada

Otpad se dijeli prema svojstvima i mjestu nastanka. Prema svojstvima dijeli se na:

- inertni – otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama. Ovaj otpad nije topljiv, zapaljiv, na bilo koje druge načine fizikalno ili kemijski ne reagira niti je biorazgradiv. Koncentracija štetnih tvari ne utječe na kakvoću podzemnih i površinskih voda, zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet
- neopasni – otpad koji ne posjeduje ni jedno od opasnih svojstava
- opasni – otpad koji obavezno posjeduje jedno ili više opasnih svojstava, a to su: eksplozivno, oksidirajuće, nadražujuće, zapaljivo, opasno, otrovno, kancerogeno, korozivno, infektivno, mutageno, nagrizajuće i slično [7].

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na:

- komunalni otpad – otpad iz kućanstva, te otpad iz proizvodne i uslužne djelatnosti koji je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstva
- proizvodni otpad – otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada [7].

Postoje i posebne vrste otpada čije je gospodarenje propisano posebnim propisima.

U posebne vrste otpada ubraja se biootpad, otpadni tekstil i obuća, otpadna ambalaža, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpadna vozila, otpadne gume, otpadne baterije i akumulatori, otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpad iz rudarstva i eksploatacije mineralnih sirovina, otpadna ulja, građevni otpad, morski otpad, otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, otpadni poliklorirani bifenili (PCB) i slično. Posebne vrste otpada moraju se odvajati na mjestu nastanka, odvojeno sakupljati i skladištiti.

Sve češće jačaju spoznaje o vrijednim i često neiskorištenim svojstvima otpada, pa suvremena politika upravljanja otpadom nalaže promišljeno i racionalno postupanje s otpadnim materijalima i tvarima. Vrijedna svojstva otpada ukazuju na mogućnost značajnih izravnih i neizravnih doprinosa ekonomskom rastu i razvoju. Primjerice, metan koji se proizvodi na odlagalištima otpada diljem Europske unije mogao bi osigurati proizvodnju električne energije za oko 20.000 kućanstava, a vrijednost odloženog otpada na odlagalištima diljem Europske unije ima godišnju tržišnu vrijednost i do 5,25 mlrd. eura. Kada bi zemlje članice Europske unije dosegle stopu od 70 % recikliranih otpadnih materijala, u Europskoj uniji moglo bi se otvoriti dodatnih pola milijuna radnih mjesta [6].

Na području Hrvatske u razdoblju 2002. – 2012. godine odložena je i odbačena sirovina vrijedna oko pet milijardi kuna. Stopa recikliranog papira, plastike, metala i stakla iz komunalnog otpada u 2015. godini iznosila je 25 %. U 2015. godini je obrađeno i upućeno na uporabu tek 18 % komunalnog otpada, što je daleko od cilja postavljenog *Strategijom gospodarenja otpadom* (35 %) kojom se detaljno razrađuje postojeće stanje i pobliže definiraju ciljevi, prioriteti i mjere djelovanja prema uspostavi održivog upravljanja otpadom. Do 2025. godine predviđa se gotovo potpuni obuhvat stanovništva organiziranim sakupljanjem komunalnog otpada i bitno smanjivanje odloženog komunalnog i biorazgradivog otpada. Očekuje se smanjivanje broja službenih i drugih odlagališta te postupno formiranje regionalnih i županijskih centara gospodarenja otpadom i povećanje udjela saniranih i zatvorenih odlagališta [6].

Republika Hrvatska nema uspostavljen funkcionalan sustav gospodarenja opasnim otpadom. Još uvijek ne postoji posebno odlagalište opasnog otpada, pa je njegov izvoz u

porastu. Trećina prijavljenih količina opasnog otpada se izvozi, a preostali dio sakupljaju i prerađuju licencirane tvrtke [6].

Značaj europskih investicijskih fondova u financiranju zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj je od iznimne važnosti, jer se obvezala do kraja 2018. godine sanirati i zatvoriti odlagališta komunalnog otpada te uspostaviti regionalne centre gospodarenja otpadom, za što je potrebno oko 375 milijuna eura [6]. Regionalni centri gospodarenja otpadom su investicijski projekti u infrastrukturi za gospodarenje komunalnim otpadom. To je sustav građevina i uređaja za obradu, oporabu i/ili zbrinjavanje otpada, a obično se sastoji od postrojenja za mehaničko-biološku obradu otpada (MBO postrojenja), za rad centara potrebnih zgrada, postrojenja za obradu otpadnih voda, unutrašnje infrastrukture, odlagališni prostor za odlaganje ostatnog dijela otpada te druge opreme. Centri za gospodarenje otpadom koji bi trebali biti izgrađeni do kraja 2018. godine su Mariščina, Kaštijun, Bikarac, Biljane Donje, Piškornica, Babina Gora, Lečevica, Lučino razdoblje, Orlovnjak, Doline, Šagulje i Zagreb [8].

Raspoloživa sredstva fondova Europske unije u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020. iznose 6,8 mlrd. eura, od čega je najviše sredstava, 3,5 mlrd. eura, predviđeno za projekte iz područja zaštite okoliša čijom provedbom se može značajno unaprijediti sustav gospodarenja otpadom. Za ulaganja u sektor gospodarenja otpadom planirano je 475 milijuna eura iz Kohezijskog fonda. Korištenjem tih sredstava do 2023. godine očekuje se smanjenje odloženog biorazgradivog otpada, porast recikliranog, ponovno korištenog i oporabljano komunalnog otpada i sanacija oko 30 neodgovarajućih i ilegalnih odlagališta otpada [6].

3. ODLAGALIŠTE OTPADA MEKA

Odlagalište otpada Meka bilo je neuređeno odlagalište koje je spadalo u kategoriju neopasnog otpada. Tamo se odlagao otpad sakupljen na području grada Ludbrega od 1994. do siječnja 2015. godine kada je odlagalište zatvoreno. Cilj uređenja odlagališta bio je sanacija postojećeg stanja koje uključujući tehnologiju sanacije i zatvaranje odlagališta treba udovoljavati uvjetima i provoditi se u skladu s Pravilnikom i načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15). Na odlagalište se dakle otpad s područja grada Ludbrega odlagao posljednjih 20-ak godina, a od 1. 1. 2015. godine odlagalište je zatvoreno. Odlagalištem upravlja komunalno poduzeće Lukom d. o. o. koje je u vlasništvu nositelja zahvata, grada Ludbrega.

Što se tiče instrumenata zaštite okoliša, za zahvat sanacije odlagališta otpada Meka u gradu Ludbregu izrađena je sljedeća dokumentacija:

- Izvješće o geodetskom mjerenju na odlagalištu komunalnog otpada Meka kod Ludbrega
- Izvješće o obavljenim terenskim i laboratorijskim istražnim radovima na odlagalištu otpada Meka u Ludbregu
- Studija o utjecaju na okoliš sanacije odlagališta komunalnog otpada Meka kod Ludbrega (i to 2006. godine)
- Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš izdano od Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva
- Zaključak o prihvatljivosti zahvata za okoliš izdan od strane komisije za procjenu utjecaja za okoliš
- Idejni projekt za dobivanje lokacijske dozvole za sanaciju odlagališta Meka kod Ludbrega
- Potvrda o prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu izdana od strane Upravnog odjela za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša Varaždinske županije
- Posebni uvjeti zaštite prirode izdani od strane Upravnog odjela za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša Varaždinske županije

- Ishođena je Lokacijska dozvola izdana od Upravnog odjela za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša Varaždinske županije, Ispostava Ludbreg,
- Plan sanacije odlagališta otpada Meka kod Ludbrega kao i Suglasnost na plan sanacije odlagališta otpada Meka kod Ludbrega izdan od strane Upravnog odjela za prostorno uređenje, graditeljstvo i zaštitu okoliša Varaždinske županije
- Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš, Izmjena zahvata sanacije odlagališta komunalnog otpada Meka, grad Ludbreg
- Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš izdano od Ministarstva zaštite okoliša i prirode
- Idejni projekt sanacija i zatvaranje odlagališta komunalnog otpada Meka, grad Ludbreg
- Obavijest o uvjetima za izradu glavnog projekta izdana od strane Upravnog odjela za prostorno uređenje i graditeljstvo, Varaždinska županija, Ispostava Ludbreg [9].

Za zahvat je provedena procjena utjecaja na okoliš i 6. studenog 2015. godine doneseno je Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš. Prema mišljenju Uprave za zaštitu prirode, zahvat je prihvatljiv za ekološku mrežu te nije bilo potrebno provesti postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš. Područje zahvata ne nalazi se unutar ekološke mreže (Nature 2000) te je moguće isključiti negativne utjecaje na nju.

Prostor na kojem se nalazi odlagalište nekoć je bila močvara koja se formirala meandriranjem rijeke Bednje. Otpad se tijekom rada odlagališta odlagao u meandar rijeke Bednje, a nakon toga na središnji prostor odlagališta. Odlaganje se odvijalo na način da se iskopala udubina dubine 5 metara, zapremnine 2000 m³, u koju se odlagao otpad. Po zapunjavanju rupe otpadom, iskopanim materijalom obavljalo se prekrivanje, a sljedeći iskop obavljao se pored onog već zatrpanog. Sve se to radilo na nesanitaran način te se nisu provodile mjere kojima bi se smanjio štetan utjecaj na okoliš (Slika 1.). Na odlagalište otpada godišnje se odlagalo oko 2600 tona komunalnog otpada. No osim

komunalnog otpada odlagala se i neutvrđena količina inertnog građevinskog otpada, materijal iz iskopa, a povremeno i industrijski otpad [10].



Slika 1. Stanje lokacije na dan 24. 6. 2015.

Izvor: *Elaborat zaštite okoliša – odlagalište Meka*

3.1. Opis zahvata

Podloga na kojoj je odložen otpad bila je neuređena i djelomično se nalazi ispod razine podzemne vode zbog čega dolazi do nekontroliranog otjecanja procjedne vode u podzemlje. Otpad je bio zakapan bez odgovarajuće projektne dokumentacije, te se pomiješao s tlom tako da ga praktički nije bilo moguće selektivno otkopati. Zbog toga se tlo pomiješano s otpadom smatra otpadom te ga je potrebno zbrinuti zajedno s ostalim otpadom.

Lokacija saniranog i zatvorenog odlagališta komunalnog otpada Meka (slike 2. i 3.) nalazi se u Varaždinskoj županiji na području grada Ludbrega na katastarskim česticama k.č.br.: 3700/1 i 3700/2, k.o. Ludbreg. Navedene čestice nalaze se u vlasništvu Grada Ludbrega, a njihova ukupna površina iznosi 46069 m². Na katastarskoj

čestici k.č.br.: 3700/2 nalazila se određena količina otpada koju je bilo potrebno iskopati i premjestiti na sanirano tijelo odlagališta koje se nalazi na čestici k.č.br.: 3700/1 [9].



Slika 2. Prikaz lokacije odlagališta

Izvor: Elaborat zaštite okoliša – odlagalište Meka



Slika 3. Prikaz saniranog odlagališta

Izvor: izvodač zahvata

Postojeća odlagališta mogu se sanirati *ex situ* ili *in situ* metodom. Rješenje *ex situ* podrazumijeva prijevoz otpada do postrojenja za obradu ili prebacivanje kompletnog otpada na neku drugu uređenu lokaciju. *In situ* metoda pak podrazumijeva iskopavanje otpada, čišćenje stare lokacije i odlaganje na novouređenu lokaciju, s mogućnosti zatvaranja odlagališta. Prednost *ex situ* metode je ta da se lokaciju može gotovo u potpunosti sanirati i tako učiniti prihvatljivom za ponovnu upotrebu. Odloženi otpad može se prethodno obraditi i na taj način učiniti inertnijim ili jednostavnijim za ugradnju. Loše strane *ex situ* metode su te da je iskop otpadnog materijala vrlo skup, a može doći i do onečišćenja okoliša, te se ozbiljno ugroziti sigurnost i zdravlje ljudi. Uz to, troškovi transporta otpada su vrlo visoki. S druge strane, prednosti *in situ* metode su izbjegavanje prijenosa otpada i onečišćenog tla, čime se sprječava eventualno onečišćenje okoliša. Nadalje, izbjegnuti su troškovi iskopa i transporta otpada i nije potrebno tražiti novu lokaciju. Nedostaci su ti da iskopano tlo može biti toliko onečišćeno pa je i njega potrebno naknadno sanitarno odložiti. Temeljni brtveni sustavi su upitne kvalitete [1]. *In situ* metoda se sve rjeđe koristi jer na taj način mobilizirano odlagalište zauvijek ostaje odlagalište i tako se gubi prostor, no unatoč tome odlagalište otpada Meka sanirano je tim postupkom čime je dobiven odmorišno-rekreacijski prostor.

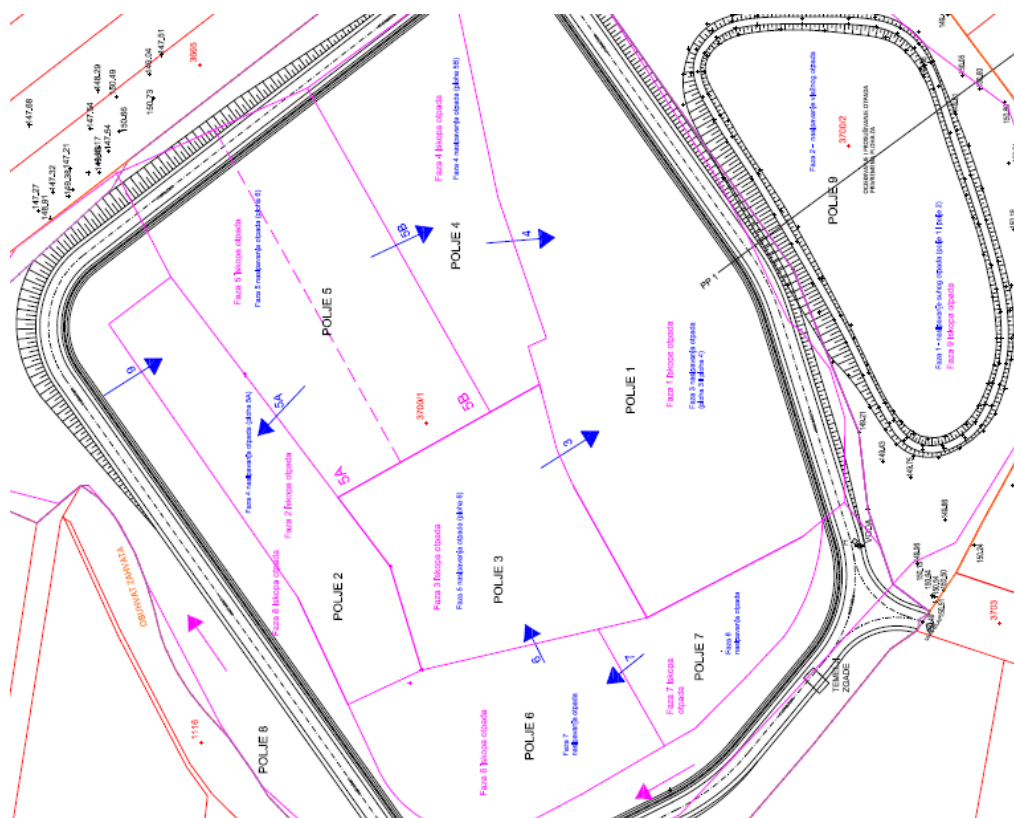
Iskop i premještanje otpada za potrebe sanacije i zatvaranja odlagališta komunalnog otpada Meka provelo se u dvije tehnološke cjeline u kojima su se provodile sljedeće radnje:

- iskop dijela postojećeg otpada
- privremeno odlaganje iskopanog otpada – iskopani otpad koji se nalazi ispod razine podzemne vode (tzv. vlažni otpad) odlaže se na privremenu plohu za odlaganje radi sušenja, a iskopani otpad koji se nalazi iznad razine podzemne vode (tzv. suhi otpad) odlaže se na postojeći otpad koji se trenutno ne sanira, odnosno na već preoblikovani otpad
- izgradnja temeljnog brtvenog sustava na mjestu budućeg saniranog odlagališta
- zatrpavanje mjesta iskopa do linije uređenog terena
- premještanje ocijeđenog vlažnog otpada s privremene plohe za odlaganje i ostalog suhog otpada na temeljni brtveni sustav te oblikovanje otpada prema projektnim kotama.

Samo oblikovanje odlagališta predviđa se izvesti na način da se što bolje uklopi u postojeći krajobraz. Ugradnja otpada u temeljni brtveni sustav i prekrivanje preoblikovanog otpada brtvenim slojem završnog prekrivnog sustava provest će se na ukupnoj površini od 22.493 m² s oko 150.000 m³ otpada [9].

3.1.1. Tehnološka cjelina 1

Prije početka radova na izvedbi privremene plohe za odlaganje otpada PP1 bilo je potrebno iskopati suhi otpad s odlagališnih polja 1 i 2 i privremeno ga odložiti na prostoru k.č.br.: 3700/2 unutar granice obuhvata zahvata. Nakon toga na prostoru k.č.br.: 3700/2 (odlagališno polje 9) bilo je potrebno izvesti privremenu plohu za odlaganje otpada PP1. Otpad koji se iskopao u sklopu te tehnološke cjeline obuhvaćao je područje odlagališnog polja 1 do uključivo 8 (Slika 4.), a ukupna procijenjena količina otpada na navedenom polju iznosila je 120.000 m³ od čega se oko trećina otpada nalazila ispod razine podzemne vode.



Otpad koji se nalazio ispod razine podzemne vode (vlažni otpad) bilo je potrebno premjestiti na privremenu plohu PP1 radi sušenja, a otpad koji se nalazio iznad razine podzemne vode (suhi otpad) bilo je potrebno privremeno premjestiti na dijelove odlagališta s kojih se nije iskapao otpad na prostoru k.č.br.: 3700/2. Prilikom iskopa trebalo je pripaziti da volumen iskopanog vlažnog otpada ne bude veći od volumena privremene plohe PP1, kako ne bi bilo viška iskopanog vlažnog otpada. Usporedo iskopom, izvodio se temeljni brtveni sustav. Nakon što se vlažni otpad dovoljno prosušio, on se zajedno s iskopanim suhim otpadom vraćao na temeljni brtveni sustav uz istovremeno preoblikovanje otpada. Privremena ploha za odlaganje otpada PP1 se po završetku radova uklonila [9].

3.1.2. Tehnološka cjelina 2

U sklopu tehnološke cjeline 2 bilo je potrebno izvesti privremenu plohu za odlaganje otpada PP2 na oblikovanom otpadu iz tehnološke cjeline 1 koji je bio odložen na temeljni brtveni sustav prostora odlagališta. Nakon izvedbe privremene plohe za odlaganje otpada PP2, moglo se pristupiti iskopu otpada s odlagališnog polja 9 (k.č.br.: 3700/2). Ukupna procijenjena količina otpada koji se iskapao s odlagališnog polja 9 iznosila je 50.000 m³ od čega se oko trećine otpada nalazilo ispod razine podzemne vode. Otpad koji se nalazio ispod razine podzemne vode (vlažni otpad) bilo je potrebno premjestiti na privremenu plohu PP2 radi sušenja, a otpad koji se nalazio iznad razine podzemne vode (suhi otpad) bilo je potrebno premjestiti na slobodne dijelove preoblikovanog otpada iz tehnološke cjeline 1 koji je odložen na temeljni brtveni sustav prostora odlagališta. Nakon završetka tehnološke cjeline 2, sav preoblikovani otpad bilo je potrebno trajno prekriti završnim prekrivnim sustavom koji će kasnije biti detaljno opisan [9].

3.1.3. Privremene plohe za odlaganje otpada

U sklopu svake od gore navedenih tehnoloških cjelina iskopa i premještanja otpada prije njegove konačne ugradnje, predviđalo se privremeno odlaganje vlažnog dijela otpada na plohama za privremeno odlaganje. Privremena ploha PP1 izvodila se na odlagališnom polju 9, a privremena ploha PP2 izvodila se na preoblikovanom otpadu

koji je bio odložen na temeljni brtveni sustav prostora odlagališta u sklopu odlagališnih polja 4 i 5.

Dno privremenih ploha izvelo se u nagibu od 1 % prema taložnici za prikupljanje procjednih voda koja se nalazila na najnižoj točki privremene plohe. Po obodu privremenih ploha izveo se obodni nasip visine 1 m, širine krune 1 m, s nagibom pokosa od 1 : 1. Obodni nasip ima funkciju sprječavanja razlijevanja ocijeđene vode iz otpada po okolnom terenu.

Privremene plohe za zbrinjavanje „vlažnog“ otpada sastoje se od sljedećih slojeva:

- drenažni šljunčani sloj 32 – 64 mm, d = 30 cm
- zaštitni geotekstil 1200 g/m² (netkani)
- glatka HDPE geomembrana debljine 1,5 mm
- zemljana ispuna, d = 20 cm.

3.2. Temeljni brtveni sustav

Pod temeljnim brtvenim sustavom podrazumijeva se atenuacijski sloj od zemljanog materijala i svi ostali slojevi koji su ugrađeni ispod njega. Atenuacijski sloj je prirodni filter za pročišćavanje procjednih voda te zbog toga nije potrebna izgradnja sustava za prikupljanje procjednih voda. Radi zaštite podzemnih voda dno odlagališta otpada mora biti najmanje 1 m debljine i 1 m iznad najviše razine podzemne vode, a prosječna vodonepropusnost tla za odlagalište neopasnog otpada na području temeljnog tla i bočnih strana tijela odlagališta mora biti manja od $k = 1 \times 10^{-9}$ m/s [11].

Temeljni brtveni sustav saniranog odlagališta komunalnog otpada Meka sastoji se redom od sljedećih slojeva:

- kameni nabačaj od lomljenog kamena granulacije 30 – 60 cm
- kameni drobljeni materijal granulacije 0 – 63 mm, minimalne debljine 50 cm
- zaštitni geotekstil 400 g/m²
- atenuacijski sloj (zemljani materijal) debljine 2 m.

Temeljni brtveni sustav izvodio se nakon što se na pojedinom dijelu sanirane plohe iskopao i premjestio sav otpad, koji se nalazio ispod razine podzemne vode (tzv. vlažni

otpad), na privremenu plohu za odlaganje otpada radi sušenja i sav otpad koji se nalazio iznad razine podzemne vode (tzv. suhi otpad), koji se odlaže na postojeći otpad. Nakon što se otpad iskopao, dio terena na kojem se izvodio temeljni brtveni sustav najprije se zapunio kamenim nabačajem od lomljenog kamenog materijala granulacije 30/60 cm. Zatim se površina kamenog nabačaja zasipavala kamenom sitneži granulacije 3 – 10 cm sve dok se tijelo kamenog nabačaja u potpunosti nije ispunilo. Na taj se način dobije kompaktna građevina, a ujedno se smanjuje brzina strujanja podzemne vode čime se sprječava ispiranje tla iz okolnog terena. Nakon što se popune sve praznine u tijelu kamenog nabačaja, kamenom sitneži se uredi i izravna njegov vrh kako bi se dobila površina prikladna za izvedbu narednih slojeva temeljnog brtvenog sustava. Na tako pripremljenu podlogu se zatim ugradio sloj od drobljenog kamenog materijala minimalne debljine 50 cm, a iznad njega razdjelni/zaštitni geotekstil 400 g/m² kojim se sprječava miješanje materijala iz atenuacijskog sloja s drobljenim kamenim materijalom i ispiranje sitnih čestica atenuacijskog sloja u slučaju da dođe do povećanja razine podzemne vode. Na kraju se na geotekstilu izveo atenuacijski sloj (sloj od zemljanog materijala) debljine 2 m.

Na rubnim dijelovima atenuacijskog sloja izvodili su se obodni nasipi visine 1 m, širine krune 2 m i nagiba pokosa 1 : 1. Obodni nasipi izvedeni su od istog materijala kao i atenuacijski sloj. Po unutarnjim pokosima obodnih nasipa bilo je potrebno postaviti glatku HDPE geomembranu debljine 1,5 mm, a iznad nje zaštitni geotekstil 1200 g/m². Uloga geomembrane je sprječavanje procjeđivanja procjednih voda na spoju atenuacijskog sloja s obodnim nasipom, koje se eventualno mogu nakupiti unutar tijela odlagališta prilikom ugradnje otpada i procjeđivanjem kroz završni prekrivni sustav. Zaštitni geotekstil se polaže na geomembranu radi njezine zaštite.

Tek nakon izvedbe svih slojeva temeljnog brtvenog sustava moglo se započeti s konačnom ugradnjom otpada na atenuacijski sloj. Otpad se prilikom svake tehnološke cjeline morao ugrađivati tako da poprima konačni oblik. Na dijelovima gdje se ne nalazi sanirana ploha odlagališta, a gdje se otpad iskopavao (manji dio k.č.br. 3700/1 i veći dio površine k.č.br. 3700/2), potrebno je najprije bilo izvršiti zapunjavanje terena kamenim nabačajem od lomljenog kamena granulacije 30/60 cm, a zatim izvršiti posipavanje kamenog nabačaja kamenom sitneži granulacije 3 – 10 cm radi popunjavanja pora i nakon toga se izvodio sloj od kamenog drobljenog materijala granulacije 0 – 63 mm

debljine 50 cm. Na sloj od kamenog drobljenog materijala se zatim položio razdjelni geotekstil 400 g/m², a na njega se ugradila zemljana ispuna sve do linije uređenog terena [9].

3.3. Prekrivanje otpada

Površine ispunjenih dijelova tijela odlagališta za neopasni i opasni otpad treba prekrivati i osigurati potrebno površinsko brtvljenje s ugrađenim sustavom površinske odvodnje oborinske vode i sustavom otplinjavanja [11].

Presloženi otpad prekriva se završnim prekrivnim slojem (Slika 5.) koji mora biti debljine najmanje 0,8 m, čija je osnovna funkcija minimaliziranje procjeđivanja oborinskih voda u inkapsulirani otpad u tijelu odlagališta i stvaranja procjednih voda, te prikupljanje odlagališnog plina u cilju uspostave kontroliranog otplinjavanja odlagališta. Završno prekrivanje otpada izvodi se odmah nakon njegova oblikovanja.



Slika 5. Postavljanje gornjeg brtvenog sloja

Izvor: izvođač zahvata

Završni prekrivni sustav na pokosima odlagališta sastoji se od sljedećih materijala:

- izravnavajući zemljani sloj - $d = 25$ cm
- geosintetski dren za plin

- GCL geosintetski glineni sloj
- obostrano hrapava HDPE geomembrana debljine 1,0 mm
- geosintetski dren za oborinske vode
- armirano geopletivo
- rekultivirajući zemljani sloj – $d = 80 + 20$ cm
- geopletivo.

Završni prekrivni sustav na krovnom dijelu odlagališta čini:

- izravnavajući zemljani sloj – $d = 25$ cm
- geosintetski dren za plin
- GCL geosintetski glineni sloj
- obostrano hrapava HDPE geomembrana debljine 1,0 mm
- geosintetski dren za oborinske vode
- rekultivirajući zemljani sloj – $d = 80 + 20$ cm.

Nakon izravnavajućeg sloja zemljanog materijala, debljine 25 cm, a prije izvedbe završnog prekrivnog sloja ugradio se drenažni sloj sustava za otplinjavanje i to slojem troslojnog geokompozita za plin. Geokompozitni betonitni tepih ima efikasnost jednaku sloju gline debljine 100 cm na koji se postavlja obostrano hrapava membrana HDPE geomembrana debljine 1 mm.

Kao drenažni sloj za prihvat procijeđene oborinske vode ugrađen je geokompozitni dren za vodu. Drenažni sloj mora biti debljine veće od 0,5 m. Oborinske vode koje se slijevaju niz pokos odlagališta i djelomično procjeđuju kroz rekultivirajući sloj zahvaćene su geosintetskim drenom za oborinske vode.

Na pokosima odlagališta u svrhu osiguranja dodatne stabilnosti prekrivnog sloja nakon ugradnje troslojnog geokompozita za vodu ugrađeno je armirano geopletivo koje sprječava površinsku eroziju prekrivnog sloja.

Zaštitni prekrivni sloj izveden je od zemljanog materijala debljine 80 cm, na koji je ugrađen debeli sloj humusa od 20 cm [9].

3.4. Sustav za otplinjavanje

Odlagališni plinovi nastaju fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima u odloženom otpadu. Metan (CH_4) i ugljikov dioksid (CO_2) su plinoviti produkti anaerobne razgradnje otpada u tijelu odlagališta. Primjerice, od kilograma krutog otpada može nastati $0,45 \text{ m}^3$ plinova. Metan je u koncentraciji od oko 5 % sa zrakom eksplozivan ako postoji volumen u kojem se može nakupiti eksplozivna smjesa, no s obzirom na starost otpada, količinska produkcija metana u direktnoj vezi s intenzitetom razgradnje otpada pada [9].

Na saniranom odlagalištu komunalnog otpada Meka izveden je sustav pasivnog otplinjavanja koji čini drenažni sloj sustava za otplinjavanje i to sloj gekompozitnog drena za plin koji se postavlja ispod geosintetskog betonitnog tepiha te se u tom sloju sakuplja plin. Plin koji se prikupi na taj način ispušta se preko plinskih odušnika koji su postavljeni na krovnom dijelu odlagališta.

Odlagalište sadrži ukupno 12 zdenaca (Slika 6.), odnosno biofiltera i ispust koji su međusobno povezani šljunčanim plinodrenažnim rovovima. Zdenci se izvode tako da se iskopa otpad do dubine 3 metra i u centar iskopa vertikalno položi PE (*Polietilen*) cijev, a iskop oko cijevi zasipa se plinodrenažnim šljunčanim zasipom.



Slika 6. *Plinski bunar*

Izvor: *Grad Ludbreg – zapisnik o inspekcijskom nadzoru*

Uz vertikalno položenu PE cijev plinskog odušnika, ugrađena je i betonitno-cementna brtva debljine 1 m i promjera 0,80 m koja dodatno osigurava nekontrolirane emisije odlagališnog plina u atmosferu i sprječava prodor zraka u tijelo odlagališta. Dakle ugrađen je sustav kojim se sakuplja plin iz pojedinih zdenaca, sustav odvođenja plina do biofilterskog sklopa te kontrole i ispuštanja plina preko biofiltera. Preko biofilterskog sklopa se odlagališni plin sakupljen sustavom pasivnog otplinjavanja obrađuje prije ispuštanja u atmosferu. Biofilter se postavlja unutar PE okna, a okno se ugrađuje na betonski temelj. Okno služi kao zaštita završetka plinskog zdenca te za pravilnu raspodjelu odlagališnog plina kroz biofilter. Sam biofilter sastoji se od komposta koji čini zeleni otpad i to 90 % volumena biofiltera, dok preostalih 10 % biofiltera čini svježa piljevina. Biofilter je potrebno izmjenjivati najmanje jednom godišnje [9].

3.5. Sustav prikupljanja i odvodnje oborinskih voda

Oko cijelog prostora odlagališta izgrađen je obodni kanal za prihvata i odvođenje oborinskih voda s prekrivnog tijela odlagališta i obodne prometnice. Na mjestu ispusta oborinskih voda iz obodnog kanala u obodnom se kanalu postavila armirano-betonska taložnica. Dalje se oborinske vode preko izgrađenog sustava odvodnje odvede i ispuštaju u obližnji recipijent, rijeku Bednju. Obodni kanal je trapeznog oblika sa širinom dna od 30 cm, dubinom 50 cm, te nagibom pokosa 1 : 1 [9].

3.6. Zaštitna ograda i pristupna prometna površina

Ograda oko prostora odlagališta visoka je 2 m, a dugačka 781 m. Njena osnovna namjena je sprječavanje pristupa neovlaštenim osobama te onemogućavanje kontrole pristupa na odlagalište komunalnog otpada.

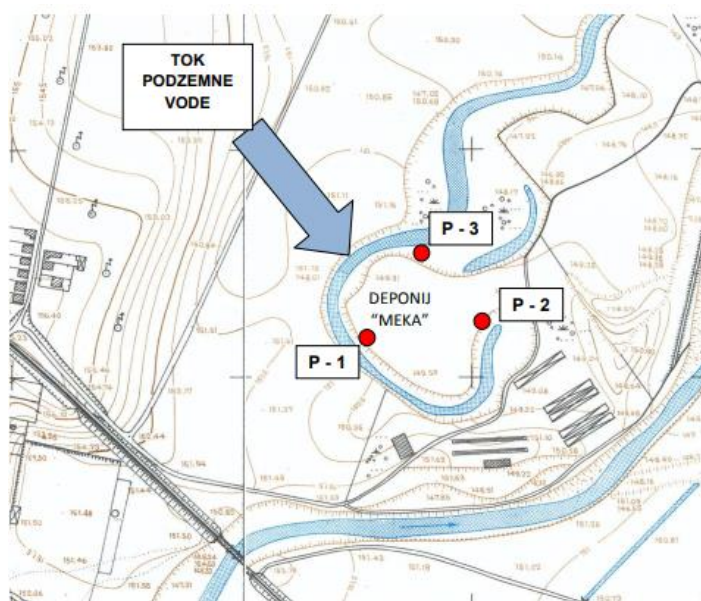
U sklopu sanacije i zatvaranja odlagališta izgrađena je prometnica oko tijela odlagališta, odnosno protupožarni put. Prometnica oko tijela odlagališta je širine 4 m s izvedenim bankinama od 1 m širine s obje strane prometnice [9].

3.7. Piezometri

Na samom odlagalištu prije sanacije su za potrebe izrade idejnog rješenja i Studije o utjecaju na okoliš sanacije odlagališta komunalnog otpada Meka kod Ludbrega (2006.) provedeni istražni radovi u sklopu kojih su izvedene tri geotehničke istražne bušotine do dubine od 10 metara iz kojih je uzrokovana podzemna voda i tlo. Lokacije bušotina (Slika 7.) smještene su na različitim dijelovima odlagališta (P-1 i P-3) i jedna nizvodno prema rijeci Bednji (P-2).

Istražni radovi su pokazali da se cijelo odlagalište nalazi u naslagama šljunka i pijeska različite vodopropusnosti, ovisno o udjelu prašinasto-glinovite komponente. Zbog relativno visoke razine podzemne vode, koja se nalazi u aluvijalnim sedimentima Bednje, cijelo dno i oko 50 % mase odloženog otpada nalazilo se ispod razine podzemne vode što je omogućavalo konstantno izlučivanje onečišćenja u njih.

Kako je postojala mogućnost da se tijekom sanacije i zatvaranja odlagališta komunalnog otpada oštete postojeća tri piezometra, u cilju mjerenja sastava i razine podzemne vode na lokaciji su izvedena još dva piezometra unutar granica zahvata i nizvodno od tijela odlagališta do dubine od 20 x 2 metra [9].



Slika 7. Lokacije piezometara

Izvor: Elaborat zaštite okoliša – odlagalište Meka

Također, na krovnom dijelu tijela odlagališta (Slika 8.) izvedena su dva piezometra dubine do 17 m. Izvedeni su na način da im dno prodire jedan metar ispod atenuacijskog sloja. Dio piezometra koji se nalazi u atenuacijskom sloju ujedno predstavlja taložnicu. Filterski dio piezometra mora se protezati jedan metar od vrha atenuacijskog sloja [9].



Slika 8. Piezometar na krovnom dijelu odlagališta

Izvor: Grad Ludbreg – zapisnik o inspekcijskom nadzoru

3.8. Krajobrazno uređenje

Sadnja vegetacije na završnom, saniranom prekrivnom sustavu odlagališta bitan je element koji sprječava eroziju, a može poslužiti i kao vizualna barijera za određene elemente na odlagalištu (plinski zdenac). U smislu ekološke uloge, dobro zasađena vegetacija poboljšava evapotranspiraciju vode iz tla završnog prekrivnog sustava te time smanjuje količinu oborinskih i procjednih voda. Uz travni pokrov zasađene su i autohtone grmolike vrste i travne biljne vrste te stablašice poput vrbe i topole u funkciji zelenog pojasa oko odlagališta. Prilikom sadnje pazilo se na otpornost na vjetar, sušu,

snježne nanose i ostale moguće nepovoljne utjecaje. Za podlogu travi koristio se aktivni humusni materijal kojemu je sadržaj organske tvari iznosio minimalno 3 %, a maksimalno 5 %, a pH između 5,8 i 7,6 [9].

3.8.1. Opis urbane opreme i namjena prostora

Finalno oblikovanje okoliša saniranog odlagališta i krajobrazno uređenje prostora odlagališta provodilo se s ciljem zadovoljenja određenih zahtjeva zaštite okoliša i prostornog uređenja propisanih Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17) i Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15).

Prilikom oblikovanja krajobraza saniranog odlagališta polazilo se od interesa lokalne zajednice, stoga krajobrazno uređenje treba u smislu funkcije i daljnjeg korištenja prostora prilagoditi tim potrebama. Krajobraznim oblikovanjem postignuta je funkcija odmorišno-rekreacijskog parka s postavom bloka tipskih sjenica (Slika 9.) sa stolom i klupama te košem za otpatke, samostalna klupa za odmor te dvije zone za rekreaciju koje će biti dostupne za korištenje lokalnom stanovništvu. Zone su prekrivene malčem ispod kojeg se nalazi posteljica od batude i geotekstila. Rekreacijske jedinice dodatno su obrubljene potezom srednje visokog grmlja. Za lakše pristupanje prostoru za odmor i rekreaciju na vrh tijela odlagališta, preko kanala za sakupljanje oborinskih voda, postavljeni je drveni mostić od kojeg po kosini saniranog tijela odlagališta vodi šetnica (Slika 10.).

Također, na vrhu tijela odlagališta izgrađeno je još:

- dvije sjenice, pod kojima se nalazi po jedan stol i dvije klupe te koš za otpatke
- dvije klackalice
- dvije sprave za vježbanje
- jedna sprava za balans
- dvije kućice u obliku šatora [9].



Slika 9. *Drvena tipska sjenica*

Izvor: *Grad Ludbreg – izvedbeni projekt*



Slika 10. *Drveni mostić sa šetnicom*

Izvor: *izvođač zahvata*

4. REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE

Nakon zatvaranja odlagališta ne prestaju obaveze službe koja upravlja odlagalištem. Njihova obveza je svakih šest mjeseci pratiti stanje odlagališta i to toliko dugo dok nadzorna inspekcija ne utvrdi da je lokacija stabilizirana i da zatvoreno odlagalište ne predstavlja opasnost za okoliš [12].

Za zatvoreno odlagalište otpada I. kategorije, kakvo je i odlagalište otpada Meka na kojem je odložen samo komunalni otpad, općina, odnosno grad mora osigurati praćenje utjecaja na okoliš najmanje 20 godina od dana zatvaranja odlagališta otpada. Pa je tako nakon zatvaranja obvezno mjeriti količinu i sastav odlagališnih plinova, procjednih voda i podzemnih voda dva puta godišnje najmanje 10 godina od dana zatvaranja odlagališta otpada.

Nakon proteka roka od 10 godina od dana zatvaranja odlagališta otpada mjerenja se moraju provoditi jednom u dvije godine [11].

U narednim poglavljima bit će izneseni rezultati uzorkovanja plinova, oborinskih, procjednih i podzemnih voda te podaci o slijevanju tijela odlagališta.

4.1. Uzorkovanje vode

Uzorkovanje i analiziranje kemijskog sastava podzemnih, procjednih i oborinskih voda na predmetnoj lokaciji (odlagalište Meka) obavlja se iz šest piezometara (piezometri na vrhu odlagališta – južni i sjeverni, PZ – 1, PZ – 2, PZ – 3 i PZ – 4). Svrha svih piezometara, odnosno uzorkovanja je mjerenje razine i sastava podzemne vode.

4.1.1. Podzemna voda

Mjerenje sastava podzemne vode u piezometrima mora se provoditi u skladu sa Zakonom o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14, 46/18), Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/13, 61/16) te Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14, 27/15, 3/16).

Rezultati uzrokovanja koji će biti izneseni u tablicama za fizikalno-kemijske parametre i metale +su iz 2017. i 2018. godine.

Tablica 1. Rezultati kemijske analize podzemne vode (29. 3. 2017.)

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	PZ na vrhu odlagališta – južni	MDK
pH	pH	7,1	6,5 – 9,5
Elektrovodljivost	μS/cm	4,840	< 2500
Otopljeni kisik	mg/l O ₂	< 0,1	50
Amonij	mg/l (NH ₄ ⁺)	503	< 0,5
Nitriti	mg/l (NO ₂ ⁻)	< 0,005	< 0,5
Nitrati	mg/l (NO ₃ ⁻)	< 0,1	< 50
Kloridi	mg/l Cl ⁻	223,8	< 250
Ukupni fosfor	mg/l P	1,01	< 0,35
Kadmij (Cd)	μg/l Cd	< 5	< 5
Živa (Hg)	μg/l Hg	< 0,2	< 1
Sulfati	mg/l SO ₄ ²⁻	2,2	< 250
Ortofosfati	mg/l	0,545	< 0,2

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje podzemnih voda Meka 2017.

Iz Tablice 1. vidljivo je da uzorak podzemne vode iz piezometra na južnoj strani vrha odlagališta ne odgovara propisanim uvjetima zbog povišene vrijednosti elektrovodljivosti, koncentracije amonija, ortofosfata i pesticida.

Tablica 2. Rezultati kemijske analize podzemne vode (31. 10. 2017.)

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	PZ na vrhu odlagališta – sjeverni	PZ - 1	PZ - 2	MDK
pH	pH	7,2	7,9	7,8	6,5 – 9,5
Elektrovodljivost	μS/cm	1,696	862	1,141	< 2500
Otopljeni kisik	mg/l O ₂	1,7	3,65	1,48	50
Amonij	mg/l (NH ₄ ⁺)	75,4	2,12	3,72	< 0,5
Nitriti	mg/l (NO ₂ ⁻)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,5
Nitrati	mg/l (NO ₃ ⁻)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 50
Kloridi	mg/l Cl ⁻	96,3	2,2	14	< 250
Ukupni fosfor	mg/l P	0,422	0,218	0,118	< 0,35
Kadmij (Cd)	μg/l Cd	< 1	< 1	< 1	< 5
Živa (Hg)	μg/l Hg	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 1
Sulfati	mg/l SO ₄ ²⁻	65,7	0,53	0,2	< 250
Ortofosfati	mg/l	< 0,077	< 0,077	< 0,077	< 0,2
Arsen	μg/l As	< 5	< 5	< 5	< 10
Olovo	μg/l Pb	< 5	< 5	< 5	< 10

Izvor: Grad Ludbreg, Izvešće – ispitivanje podzemnih voda Meka 2017.

Podzemna voda iz piezometara s Tablice 2. uzorkovana je na saniranom odlagalištu otpada Meka dana 31. listopada 2017. godine. Piezometar na južnoj strani vrha odlagališta nije uzorkovan jer u njemu nije bilo vode. Temeljem rezultata dobivenih

kemijskom analizom iz Tablice 2., vidljivo je da samo jedan mjereni parametar prelazi zakonom propisanu vrijednost (MDK) na sva tri mjerna mjesta, a to je amonij. Prema tome, uzorci podzemne vode zbog povišene koncentracije amonija ne odgovaraju uvjetima propisanim Uredbom o standardu i kakvoće voda (NN 73/13, 61/16).

Podzemna voda opet je uzorkovana dana 13. travnja 2018. godine iz dva piezometra, PZ – 1 (dubina 0,49 m) koji se nalazi dolje lijevo od tijela odlagališta, te PZ – 2 koji se nalazi dolje desno od tijela odlagališta (dubina 1,06 m).

Tablica 3. Rezultati kemijske analize podzemne vode (13. 4. 2018.)

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	PZ - 1	PZ - 2	MDK
pH	pH	8,48	8,19	6,5 – 9,5
Temperatura	°C	15,6	13,4	25
Boja	mg/l PtCo skale	27,8	28,38	20
Miris		Umjeren	Bez	Bez
Okus		Bez	Bez	Bez
Mutnoća	NTU	1,32	3,81	4
Elektrovodljivost	µs/cm	971	1221	2500
Otopljeni kisik	mg/l O ₂	7,20	7,21	50
Slobodni klor	mg/l Cl ₂	< 0,05	< 0,05	0,5
Kloridi	mg/l	< 5	< 5	250
Amonij	mg/l	1,88	2,74	0,5
Nitriti	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,5
Nitrati	mg/l	< 5	< 5	2

Ugljikovodici	µg/l	< 10	28,54	50
Ukupni fosfor	mg/l	< 0,2	< 0,2	0,35
Sulfati	mg/l	< 5	< 5	250
Ortofosfati	mg/l P	0,08	0,03	0,3
Kadmij	µg/l	0,043	0,095	5
Živa	µg/l	< 0,007	< 0,007	1
Arsen	µg/l	1,239	< 1	10
Olovo	µg/l	< 0,05	0,05	10

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje podzemnih i oborinskih voda Meka 2018.

Uspoređujući dobivene rezultate iz Tablice 3. s MDK, vidljivo je da uzorci vode iz PZ – 1 i PZ – 2 ne odgovaraju propisanim uvjetima. Kod piezometra 1 to je zbog boje, mirisa i povećane koncentracije amonija, a kod piezometra 2 također zbog boje i povećane koncentracije amonija koja je u odnosu na 2017. godinu smanjena, ali i dalje prelazi propisane vrijednosti (MDK). U sklopu monitoringa odlagališta ako mjerni parametar onečišćenja prijeđe graničnu vrijednost, potrebno je ponovnim uzorkovanjem i analizom ponoviti rezultat. U slučaju potvrde rezultata, pristupa se interventnom planu postupanja [9].

4.1.2. Procjedna voda

Procjedne vode su:

- vode sadržane u otpadu
- vode koje nastaju u odloženom otpadu
- vode koje prolaze kroz, a koje sadrže desorbirane, dispergirane i otopljene tvari iz otpada [11].

Sanirano odlagalište otpada Meka u gradu Ludbregu ima izgrađen već ranije spomenuti atenuacijski sloj koji je prirodni filter za pročišćavanje procjednih voda te zbog toga nije bila potrebna izgradnja sustava za prikupljanje procjednih voda.

U narednim tablicama bit će prikazani rezultati fizikalno-kemijskih parametara i metala za procjedne vode.

Tablica 4. Rezultati kemijske analize procjedne vode

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	REZULTAT (23. 3. 2017.)	REZULTAT (26. 10. 2017.)	MDK
pH	pH	7,6	7,9	6,5 – 9
Amonij	mg/l N	18,78	0,035	< 5
Nitriti	mg/l N	0,025	< 0,01	< 1
Nitrati	mg/l N	5,6	< 0,1	< 2
Ukupni dušik	mg/l N	11,94	1,35	< 15
Ukupni fosfor	mg/l P	0,302	0,08	< 2
KPK	mg/l O ₂	75,9	30,5	< 100
BPK₅	mg/l O ₂	21,1	3	< 20
Suspendirana tvar	mg/l	71	17	< 25
Željezo	mg/l Fe	4,975	0,088	< 2
Nikal	mg/l Ni	< 0,005	< 0,005	< 0,5
Mangan	mg/l Mn	0,017	< 0,005	< 2
Cink	mg/l Zn	0,006	0,094	< 2

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje oborinskih voda Meka 2017.

Tablica 5. Rezultati kemijske analize procjedne vode (13. 4. 2018.)

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	REZULTAT, PZ - 4	MDK
pH	pH	7,62	6,5 – 9
Amonij	mg/l N	0,05	10
Nitriti	mg/l N	< 0,02	1
Nitrati	mg/l N	< 1,13	2
Ukupni dušik	mg/l N	0,6	15
Ukupni fosfor	mg/l P	< 0,2	2
KPK	mg/l O ₂	< 30	125
BPK₅	mg/l O ₂	0,9	25
Suspendirana tvar	mg/l	< 5	35
Željezo	mg/l Fe	0,043	2
Nikal	mg/l Ni	< 0,005	< 0,5
Mangan	mg/l Mn	0,429	2
Aluminij	mg/l Zn	< 0,005	3

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje podzemnih i oborinskih voda Meka 2018.

Iz Tablice 4. vidljivo je da rezultati fizikalno-kemijske analize procjedne vode uzorkovane dana 23. 3. 2017. godine ne odgovaraju propisanim uvjetima Pravilnika o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14, 27/15, 3/16) zbog povišene koncentracije amonija, nitrata, BPK₅, suspendirane tvari te željeza. Šest mjeseci nakon mjerenja rezultati su se poboljšali i oni udovoljavaju propisanim uvjetima.

4.1.3. Oborinska voda

Odlagalište otpada mora imati uređen sustav obodnih kanala za prihvata oborinskih voda koje se slijevaju prema odlagalištu otpada. Oborinske vode s površine odlagališta otpada sustavom kanala odvođene se u sabirnu jamu za oborinske vode. Oborinske vode iz sabirne jame kontroliraju se i obrađuju do kakvoće dopuštene za prijamnik.

Tablica 6. Rezultati kemijske analize oborinske vode

PARAMETAR	MJERNA JEDINICA	REZULTAT, PZ - 4	MDK
pH	pH	8,23	6,5 – 9
Amonij	mg/l N	< 0,03	10
Nitriti	mg/l N	< 0,02	1
Nitrati	mg/l N	< 1,13	2
Ukupni dušik	mg/l N	0,6	15
Ukupni fosfor	mg/l P	< 0,2	2
KPK	mg/l O ₂	< 30	125
BPK ₅	mg/l O ₂	1,4	25
Suspendirana tvar	mg/l	< 5	35
Željezo	mg/l Fe	< 0,005	2
Nikal	mg/l Ni	0,00096	< 0,5
Mangan	mg/l Mn	< 0,005	2
Aluminij	mg/l Zn	< 0,005	3

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje podzemnih i oborinskih voda Meka 2018.

Uzorkovanje oborinske vode izvršeno je 13. 4. 2018. godine iz oborinske jame. Rezultati oborinske vode iz Tablice 6. odgovaraju odredbama propisanim Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14, 27/15, 3/16).

4.2. Uzorkovanje plinova

Odlagališni plinovi su plinovi nastali fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima u odloženom otpadu [11]. Plinovi na odlagalištu kontroliraju se mjerenjem masene koncentracije metana (CH_4), sumporovodika (H_2S), ugljičnog dioksida (CO_2), vodika (H_2) i kisika (O_2) na ispustu sustava za otplinjavanje odlagališta. Ispitivanja se provode na ukupno 12 mjernih mjesta koja nose oznake PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5, PZ6, PZ7, PZ8, PZ9, PZ10, PZ11 i PZ12 (Slika 11.). Sa svakog mjernog mjesta potrebno je uzeti reprezentativni broj uzoraka radi učinkovite analize.

U tablicama će biti prikazani zbirni rezultati sa srednjim vrijednostima koncentracija ispitivanih plinova za 2017. i 2018. godinu. Raspon volumnog udjela plina pri kojem se stvara eksplozivna smjesa sa zrakom za metan iznosi 5 % – 15 %, a za vodik 4 % – 76 %.



Slika 11. Prikaz bunara (PZ1 - PZ12)

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje plinova Meka 2017.

Tablica 7. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracija odlagališnih plinova (22. 2. 2017.)

OZNAKA	PARAMETAR				
	CO ₂	CH ₄	O ₂	H ₂	H ₂ S
PZ1	1,05	1,51	20,56	0,0	0,0
PZ2	3,49	3,37	19,25	0,0	0,0
PZ3	3,00	3,96	19,57	0,0	0,0
PZ4	1,20	1,74	20,21	0,0	0,0
PZ5	0,66	0,98	20,58	0,0	0,0
PZ6	6,97	6,77	18,35	0,0	0,0
PZ7	0,35	0,40	20,79	0,0	0,0
PZ8	0,18	0,15	20,90	0,0	0,0
PZ9	0,07	0,01	20,90	0,0	0,0
PZ10	0,10	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ11	0,09	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ12	1,77	2,03	20,39	0,0	1,77

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje plinova Meka 2017.

Iz Tablice 7. vidljivo je da nema značajnih odstupanja propisanih vrijednosti osim povećane koncentracije metana na mjernom mjestu PZ6, no zbog malog protoka, metan se u okolnom zraku brzo razrjeđuje pa ne postoji opasnost od eksplozije ili zapaljenja.

Tablica 8. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracija odlagališnih plinova (11. 10. 2017.)

OZNAKA	PARAMETAR				
	CO ₂	CH ₄	O ₂	H ₂	H ₂ S
PZ1	0,36	0,09	20,77	0,0	0,0
PZ2	0,13	0,00	20,89	0,0	0,0
PZ3	1,74	1,38	20,11	0,0	0,0
PZ4	0,69	0,54	20,45	0,0	0,0
PZ5	0,27	0,07	20,83	0,0	0,0
PZ6	5,98	5,86	18,22	0,0	0,0
PZ7	0,23	0,19	20,86	0,0	0,0
PZ8	0,42	0,21	20,74	0,0	0,0
PZ9	0,93	0,44	20,13	0,0	0,0
PZ10	0,21	0,05	20,89	0,0	0,0
PZ11	2,30	1,50	20,13	0,0	0,0
PZ12	0,52	0,27	20,70	0,0	0,0

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje plinova Meka 2017.

Iz Tablice 8. vidljivo je da nema značajnih odstupanja propisanih vrijednosti osim, kao i kod prošlog mjerenja, povećane koncentracije metana na mjernom mjestu PZ6, no zbog malog protoka, metan se u okolnom zraku brzo razrjeđuje pa ne postoji opasnost od eksplozije ili zapaljenja.

Tablica 9. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracije odlagališnih plinova (20. 3. 2018.)

OZNAKA	PARAMETAR				
	CO ₂	CH ₄	O ₂	H ₂	H ₂ S
PZ1	1,26	0,91	20,08	0,0	0,0
PZ2	0,22	0,09	20,86	0,0	0,0
PZ3	0,14	0,00	20,89	0,0	0,0
PZ4	1,24	0,75	20,29	0,0	0,0
PZ5	0,12	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ6	1,42	0,96	20,17	0,0	0,0
PZ7	0,09	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ8	0,13	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ9	0,30	0,15	20,84	0,0	0,0
PZ10	0,16	0,00	20,90	0,0	0,0
PZ11	0,29	0,13	20,81	0,0	0,0
PZ12	0,57	0,52	20,69	0,0	0,0

Izvor: Grad Ludbreg, Izvješće – ispitivanje plinova Meka 2018.

Prema rezultatima analize, iz Tablice 9. vidljivo je da nema nikakvih odstupanja od propisanih vrijednosti.

4.3. Slijeganje odlagališta

Program praćenja stanja okoliša nakon sanacije i zatvaranja odlagališta nalaže da je svake dvije godine prvih deset godina po završetku sanacije (5 mjerenja) te jednom na kraju perioda od sljedećih 10 godina potrebno geodetski snimiti tijelo odlagališta. Mjerenjem točaka dana 15. 12. 2017. godine na tijelu saniranog odlagališta zaključuje se da je došlo do slijeganja tijela odlagališta 3 – 10 cm.

5. ZAKLJUČAK

Otpad je danas zajedno s neuređenim odlagalištima zasigurno jedan od najvećih problema onečišćenja okoliša u svijetu. Jedna od posljedica velikog broja stanovnika u svijetu i brzog razvoja tehnologije te modernog načina života je porast količine otpada. Sve veća količina otpada ugrožava kvalitetu življenja, i to ne samo čovjeka već i svih drugih živih bića. Posljedice koje za sobom nosi neadekvatno odbačeni otpad su dugogodišnja onečišćenja tla, podzemnih voda i mora, ugroženost zdravlja ljudi i opstanak svih živih organizama. Štete koje nastaju su nemjerljive i teško popravljive stoga je sanacija i zatvaranje odlagališta od iznimne važnosti kako bi se postigla prirodna ravnoteža te spriječilo daljnje širenje negativnih utjecaja na sastavne dijelove okoliša i zdravlje ljudi.

Iznimno je važna i promjena ponašanja svakog pojedinca koji svojim potrošačkim navikama utječe na okolišno prihvatljiv proizvod. Kupujući proizvode od recikliranih materijala ili proizvode sa što manje ambalaže svatko može pridonijeti zaštiti okoliša i smanjenju količine otpada. Budućnost odgovornog i održivog gospodarenja otpadom ovisit će o zajedničkom djelovanju svih ključnih sudionika na svim razinama, ali i o ponašanju svakog pojedinca.

6. LITERATURA

- [1] Herceg, Nevenko (2013.) Okoliš i održivi razvoja, Zagreb
- [2] Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 73/17)
- [3] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022.
- [4] Milanović, Z. Gospodarenje komunalnim otpadom u EU zemljama // Tehnoeko. 3/2018, br. 75 (svibanj, 2018.), str. 25
- [5] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode – održivo gospodarenje otpadom (29.8.2018.)
- [6] Tišma, S.; Boromisa, A-M.; Funduk, M.; Čermak, H. (2017.) Okolišne politike i razvojne teme, Zagreb
- [7] Kalambura, S.; Krička, T.; Kalambura, D. (2011.) Gospodarenje otpadom. Velika Gorica, Veleučilište Velika Gorica
- [8] Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (29.8.2018.)
- [9] Podaci dobiveni od grada Ludbrega – Izvedbeni projekt, rezultati mjerenja
- [10] Plan gospodarenja otpadom grada Ludbrega za razdoblje 2013 – 2019. godine
- [11] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 114/15)
- [12] Briški, Felicita (2016.) Zaštita okoliša. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu – Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

POPIS SLIKA

Slika 1. Stanje lokacije na dan 24. 6. 2015.	16
Slika 2. Prikaz lokacije odlagališta	17
Slika 3. Prikaz saniranog odlagališta	17
Slika 4. Tehnološke cjeline iskopa otpada	19
Slika 5. Postavljanje gornjeg brtvenog sloja	23
Slika 6. Plinski bunar	25
Slika 7. Lokacije piezometara	27
Slika 8. Piezometar na krovnom dijelu odlagališta	28
Slika 9. Drvena tipska sjenica	30
Slika 10. Drveni mostić sa šetnicom	30
Slika 11. Prikaz bunara (PZ1 - PZ12)	39

POPIS TABLICA

Tablica 1. Rezultati kemijske analize podzemne vode (29. 3. 2017.)	32
Tablica 2. Rezultati kemijske analize podzemne vode (31. 10. 2017.)	33
Tablica 3. Rezultati kemijske analize podzemne vode (13. 4. 2018.)	34
Tablica 4. Rezultati kemijske analize procjedne vode	36
Tablica 5. Rezultati kemijske analize procjedne vode (13. 4. 2018.)	37
Tablica 6. Rezultati kemijske analize oborinske vode	38
Tablica 7. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracija odlagališnih plinova (22. 2. 2017.).....	40
Tablica 8. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracija odlagališnih plinova (11. 10. 2017.).....	41
Tablica 9. Srednje vrijednosti analize vrsta i koncentracije odlagališnih plinova (20. 3. 2018.).....	42